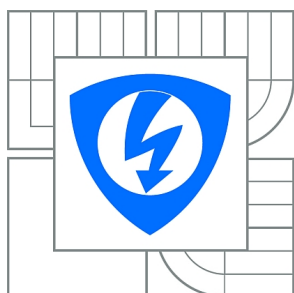




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

WEBOVÁ APLIKACE PRO MONITOROVÁNÍ ENERGETICKÉ SPOTŘEBY DOMÁCNOSTI

WEB APPLICATION FOR MONITORING OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN REŽNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠIMEK, Ph.D.

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Jan Režný

ID: 119589

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Webová aplikace pro monitorování energetické spotřeby domácnosti

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem bakalářské práce je vývoj webové aplikace pro zpracování a vizualizaci informací získaných z bezdrátové senzorové sítě. Aplikace bude sloužit jako webový monitor spotřeby elektrické energie domácích zařízení. Bude disponovat prvky k asociaci komunikačních zařízení se spotřebiči a grafickou vizualizaci prvků a naměřených hodnot. Aplikace musí reagovat na příchozí data a rozeznat inicializační a datové rámce. Uživatel musí mít možnost při připojení nového zařízení přidat podrobný popis, např. kde se zařízení nachází, jaký spotřebič monitoruje a další.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Stojmenovic I., Handbook of Sensor Networks, Wiley, ISBN:13 978-0-471-68472-5, 2005.
- [2] Swami A., Zhao Q., Hong Y., Tong L., Wireless Sensor Networks, Signal Processing and Communications Perspectives, ISBN: 978-0-0470-03557-3, 2007.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 31.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Milan Šimek, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Webová aplikace pro monitorování energetické spotřeby domácnosti“ se zaměřuje na příjem, zpracování, vizualizaci a export naměřených hodnot z bezdrátové sítě wattmetrů měřících spotřebu elektrických zařízení. Cílem je vytvořit aplikace pro příjem a zpracování dat a aplikaci umožňující spravovat připojené wattmetry, uživatelsky definované spotřebiče a jejich asociaci, exportovat naměřená data a zobrazovat přehledy, grafy a statistiky získané z těchto naměřených hodnot.

KLÍČOVÁ SLOVA

ZigBee, senzorová síť, energie, spotřeba, monitoring

ABSTRACT

Bachelor thesis called „Web Application for Monitoring of Electric Energy Consumption“ focuses on receiving, processing and visualization of measured values from wireless sensor network, which is measuring the consumption of electrical devices. The aim is to create a applications for data receiving and processing and application which can manage connected power meters, user-defined devices and its association, export measured data and display reports, graphs and statistics obtained from these measured values.

KEYWORDS

ZigBee, sensor network, energy, consumption, monitoring

REŽNÝ, Jan *Webová aplikace pro monitorování energetické spotřeby domácnosti*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2012. 39 s. Vedoucí práce byl Ing. Milan Šimek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Webová aplikace pro monitorování energetické spotřeby domácnosti“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanu Šimkovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	8
1 Měření spotřeby elektrické energie	9
1.1 Měření elektrického výkonu	9
1.1.1 Výkony v obvodech střídavého proudu	9
1.2 Příkony některých elektrických zařízení v domácnosti	11
1.3 Dostupné komerční digitální wattmetry	12
1.4 Projekty z oblasti měření spotřeby elektrické energie	13
1.4.1 Projekt Energie Visible	13
1.4.2 Projekt Google Power Meter	14
1.4.3 Sada ENcontrol	15
2 Vyvíjený systém monitorování spotřeby	17
2.1 Aplikace PacketSim	18
2.2 Aplikace PacketRec	20
2.3 Návrh databáze	22
2.3.1 Popis databázové struktury	23
2.4 Vizualizace - uživatelská aplikace	24
3 Uživatelská aplikace	25
3.1 Administrační rozhraní	26
3.1.1 Přehledy	26
3.1.2 Statistiky	28
3.1.3 Mapy	29
3.1.4 Asociace	30
3.1.5 Spotřebiče	31
3.1.6 Snímače	32

3.1.7	Export dat	33
3.1.8	Nastavení	34
3.2	Veřejné rozhraní	35
4	Závěr	36
	Literatura	37

ÚVOD

Bakalářská práce s názvem „Webová aplikace pro monitorování energetické spotřeby domácnosti“ představuje aplikaci pro řešení sběru, ukládání a zobrazování naměřených dat získaných z bezdrátové senzorové sítě, které měří spotřebu elektrických zařízení. V rámci bakalářské práce bylo předpokládáno otestování funkčnosti základní aplikace s reálnými elektrickými spotřebiči a rozšíření funkcí této aplikace podle reálné potřeby zjištěné z testovacího provozu. Praktická část práce je rozdělena na aplikaci pro příjem dat a jejich uložení do databáze a aplikaci pro zobrazování dat, tvorbu přehledů, grafů, statistik a export dat.

1 MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENER- GIE

V současné době se v domácnostech i společnostech stává trendem snižování nákladů. Jednou z největších položek výdajů domácností i společností je spotřeba elektrických zařízení, a tak je vhodné spotřebu energie nějakým způsobem měřit, zaznamenávat a analyzovat. Spotřeba energie se dá měřit s pomocí různých zařízení (inteligentní zásuvky, průchozí měřiče - digitální wattmetry) komunikujícími např. pomocí technologie PLC (Power Line Communication), Bluetooth nebo ZigBee.

1.1 Měření elektrického výkonu

Spotřeba elektrické energie se udává jako příkon elektrického spotřebiče za jednotku času, často se uvádí v jednotkách kWh (příkon 1kW po dobu 1 hodiny). Příkonem elektrických spotřebičů se myslí takový výkon el. proudu, který je spotřebičem celkově spotřebován při jeho práci. Jako „výkon“ u elektrických spotřebičů je totiž obecně vyjadřován takový výkon el. proudu, který slouží k požadovanému účelu funkce spotřebiče. Tato jednotka nepatří do soustavy SI, avšak v energetice je velmi používána.

V praxi se samotný příkon elektrického spotřebiče měří wattmetry. Ty mohou být buď v provedení elektromechanickém (analogové wattmetry) nebo elektronickém (digitální wattmetry). Pro účely záznamu a přenosu naměřených dat použitých v této bakalářské práci se používají bez výjimky elektronické wattmetry, doplněné ZigBee modulem pro realizaci přenosu naměřených dat.

1.1.1 Výkony v obvodech střídavého proudu

V rámci této bakalářské práce je řešena spotřeba elektrické energie v domácnostech, ve kterých se běžně využívá rozvodů střídavého proudu. Oproti měření výkonu ve stejnosměrných obvodech je měření ve střídavých obvodech o něco složitější, je nutné totiž počítat s veličinami (napětí, proud) měnícími se v čase. Jelikož výkon je součinem napětí a proudu, mění se tedy v čase i okamžitá hodnota výkonu. Z tohoto důvodu jsou ve střídavých obvodech zavedeny tři druhy výkonu - zdánlivý, jalový a činný. Pro všechny tyto výkony platí, že okamžitá hodnota výkonu je součinem okamžité hodnoty napětí a okamžité hodnoty proudu.

Zdánlivý výkon

$$S = U \cdot I \quad [\text{VA}, \text{V}, \text{A}] \quad (1.1)$$

Zdánlivý výkon se značí S a jeho jednotka je VA (voltampér). Tento výkon se označuje jako zdánlivý, neboť ne celý tento výkon se na spotřebiči přemění v jinou užitečnou energii. Poměr výkonu, který se opravdu přemění v užitečnou energii (činný výkon) a výkonu, který se navrácí zpět do rozvodné sítě a nevykonává užitečnou práci (jalový výkon) nám určuje veličina s názvem účinník.

Účinník

Účinník se značí $\cos\varphi$ a je bezrozměrný (nemá žádnou jednotku). Tomuto označení se účinník ve skutečnosti rovná, vypočítává se jako kosinus úhlu ve fázorovém diagramu mezi napětím a proudem (fázového posunu φ). Tento fázový posun se mění s použitým spotřebičem, má-li spotřebič charakter odporové zátěže (topné těleso, žárovka), je fázový posun nulový, má-li charakter kapacitní nebo induktivní zátěže, je fázový posun kladný nebo záporný. Jelikož funkce kosinus nabývá hodnot od 0 do 1, také účinník nabývá pouze těchto hodnot. Účinník rovný 0 znamená, že celý výkon je jalový, hodnota účinníku 1 znamená, že celý výkon je činný.

Jalový výkon

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \quad [\text{var}, \text{V}, \text{A}, -] \quad (1.2)$$

Jalový výkon se značí Q a jeho jednotka je var (voltampér reaktanční). Jak již bylo uvedeno, tento výkon se ve spotřebiči nepřeměňuje v užitečnou energii a navrácí se zpět do rozvodné sítě. V některých obvodech a zařízeních je však užitečný, např. vytváří magnetické pole v motorech.

Činný výkon

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad [\text{W}, \text{V}, \text{A}, -] \quad (1.3)$$

Činný výkon se značí P a jeho jednotka je W (watt). Tento výkon je takový, který se ve spotřebiči přemění v užitečnou energii a koná práci. S tímto výkonem se současně pracuje i v rámci této bakalářské práce, je totiž měřen skutečný výkon který koná v elektrickém spotřebiči práci.

1.2 Příkony některých elektrických zařízení v domácnosti

El. spotřebič	Příkon	Denní provoz v plném zatížení	Denní spotřeba	Denní náklady
Varná konvice	1,7-2,5kW	15 min.	0,4-0,6 kWh	1,8-2,7 Kč
Mikrovlnka	0,6-1,2kW	5 min.	0,05-0,1 kWh	0,2-0,45 Kč
El. vařič	1,2-2,5kW	30 min.	0,6-1,2 kWh	2,7-5,4 Kč
El. trouba	1-2kW	1h	1-2 kWh	4,5-9 Kč
Lednička	1-2kW	1h	1-2 kWh	4,5-9 Kč
Pračka	1-2,5kW	1h	1-2,5 kWh	4,5-11 Kč
Myčka	1-2kW	1h	1-2 kWh	4,5-9 Kč
El. bojler	2-6kW	1h	2-6 kWh	9-27 Kč
El. přímotop	1-2kW	5h	5-10 kWh	22-45 Kč
Klimatizace	1-2kW	5h	5-10 kWh	22-45 Kč
LCD televize	70-200W	4h	0,3-0,8 kWh	1,3-3,6 Kč
Plazm.televize	250-450W	4h	1-1,8 kWh	4,5-8 Kč
Stolní PC	100-300W	5h	0,5-1,5 kWh	2,2-6,8 Kč
Notebook	30-70W	5h	0,15-0,35 kWh	0,7-1,6 Kč

Tato tabulka je pouze orientační, skutečné hodnoty se mohou méně či více lišit v závislosti např. na četnosti používání jednotlivých zařízení (vařič, trouba), jejich nastavení (termostat u bojleru, ledničky) nebo teplot prostředí (klimatizace, topení). Cena pro výpočet nákladů v tabulce byla stanovena na 4,5 Kč / kWh, což je mírně pod průměrnou cenou elektrické energie v ČR (zdroj: [10]).

1.3 Dostupné komerční digitální wattmetry

Na českém trhu lze zakoupit různé druhy digitálních wattmetrů založených na různých principech měření a zobrazování. Ponecháme stranou měřiče, které se připojují k hlavnímu elektroměru, protože nám kromě celkové spotřeby energie moc informací neposkytnou. Zajímavější měřiče jsou tzv. zásuvkové (Smart plug, Power plug), které měří spotřebu jednoho konkrétního zařízení. Tyto zásuvkové měřiče jsou dostupné v mnoha provedeních (Obr. 1.1) - nejjednodušší s LCD displejem zobrazujícím okamžitou spotřebu, nebo složitější modely se záznamem a programovatelným vypínáním. I přes možnost záznamu spotřeby se však tyto měřiče nedají použít pro rozsáhlejší monitoring, jejich schopnost komunikace s externími zařízeními jsou omezené. Toto omezení padá s nasazením technologií PLC (Power Line Communication), Bluetooth nebo ZigBee, které užitečnost těchto měřičů razantně zvyšují.



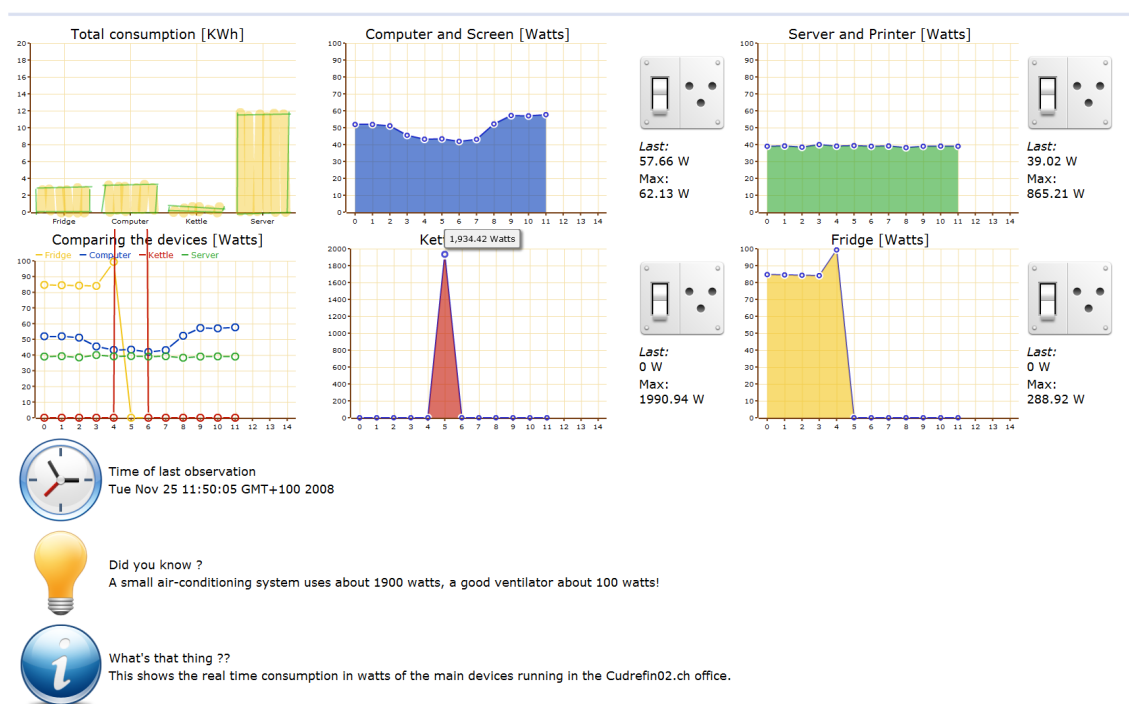
Obr. 1.1: Různé druhy komerčních měřičů spotřeby elektrické energie. *Převzato z: [5]*

Tato bakalářská práce byla navržena pro digitální wattmetry komunikujícími pomocí technologie ZigBee s terminálem, který naměřená data přepošle pro následné zpracování. Realizace těchto wattmetrů je řešena v rámci jiného projektu, nepočítá se tedy s využitím některého z komerčních finálních řešení.

1.4 Projekty z oblasti měření spotřeby elektrické energie

1.4.1 Projekt Energie Visible

Energie Visible je projekt vyvíjený v laboratořích technologického institutu v Zurichu. Jeho součástí je software poskytovaný zdarma a síť měřičů spotřeby značky Plogg (Obr. 1.3) - v současnosti se v tomto konceptu dají použít pouze měřiče komunikující s PC pomocí Bluetooth. Monitorovací software je naprogramován v jazyce Java a dá se spustit pouze na PC s operačními systémy Microsoft Windows. Bohužel omezení na Bluetooth měřiče a podpora pouze OS Windows jsou velkou nevýhodou tohoto projektu - dosah Bluetooth zařízení není nijak oslnivý a koncept připojení těchto zařízení k lokálnímu PC znemožňuje vzdálený dohled a praktičtější použití např. v komerční sféře. I přesto se jedná o zajímavý projekt, jehož softwarová část zde posloužila jako inspirace. Domovská stránka tohoto projektu s dalšími informacemi se nachází na [7].



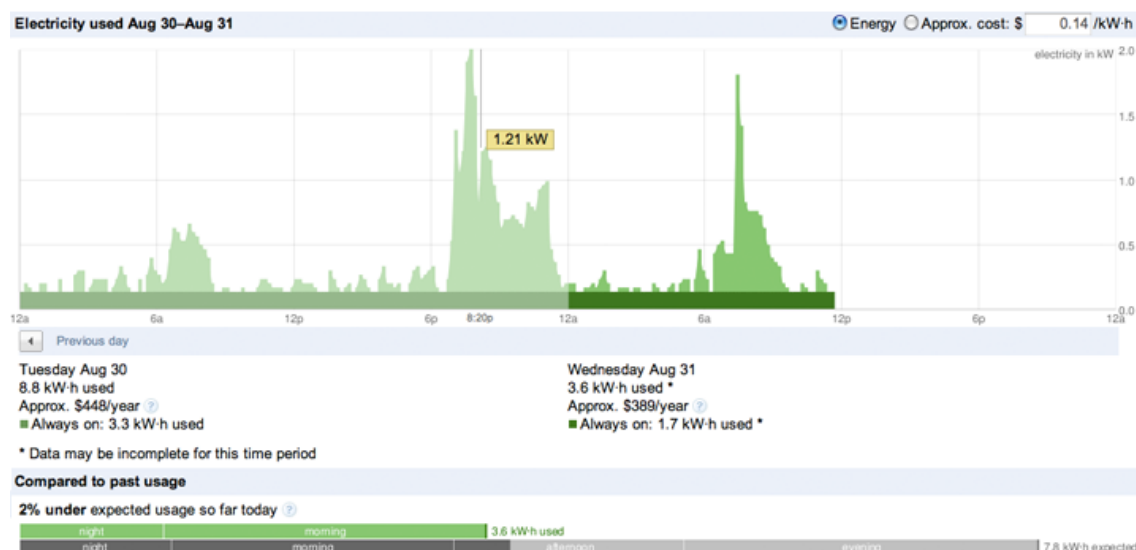
Obr. 1.2: Ukázka systému Energie Visible. Převzato z: [7]



Obr. 1.3: Bluetooth měřiče Plogg používané v projektu Energie Visible. *Převzato z: [6]*

1.4.2 Projekt Google Power Meter

Americká společnost Google má velmi široké pole působnosti a v posledních letech se zabývala i měřením energetické spotřeby domácností. Systém Google Power Meter byl založen na měření spotřeby buď celé domácnosti nebo jednotlivých částí a tyto naměřená data byly zasílány prostřednictvím sítě internet do datových center Googlu. Nevýhody tohoto projektu jsou zřejmé - nutnost připojení k internetu jak k odesílání tak k zobrazování naměřených dat a odevzdávání námi naměřené spotřeby k rukám Googlu, kde nevíme co se s našimi daty může dále dít. Služba Google Power Meter byla v letošním roce ukončena, společnost Google to komentovala malým zájmem o tuto službu a tím, že v této oblasti dosáhla svého cíle a že do budoucna předvedli možnosti dalšího vývoje v této oblasti. Webové stránky věnující se tomuto projektu jsou na [8].



Obr. 1.4: Ukázka systému Google Power Meter. *Převzato z: [8]*

1.4.3 Sada ENcontrol

Pražská energetika (skupina PRE) se ve svém projektu Energetický poradce PRE měřením spotřeby elektrické energie také věnuje. Nabízí zdarma k zapůjčení buď jednoduchý měřič s LCD displejem, nebo bezdrátovou sadu připojitelnou k PC nazvanou ENcontrol. Sada obsahuje 3 bezdrátové zásuvkové měřiče jeden bezdrátový programovatelný termostat, komunikační modem s rozhraním USB pro připojení k PC a obslužný software. Výhodou této sady je i možnost vzdáleného ovládání připojených zařízení (zapínání nebo vypínání) přes mobilní zařízení nebo internet, a programování událostí s pomocí bezdrátového termostatu (např. ovládání topení nebo ohřevu vody). Bližší informace s více informacemi lze nalézt na [9].

Sada ENcontrol se dodává v praktickém kufříku, který obsahuje všechna zařízení potřebná pro sestavení funkční sítě měřičů spotřeby, obslužný software a návod k použití.



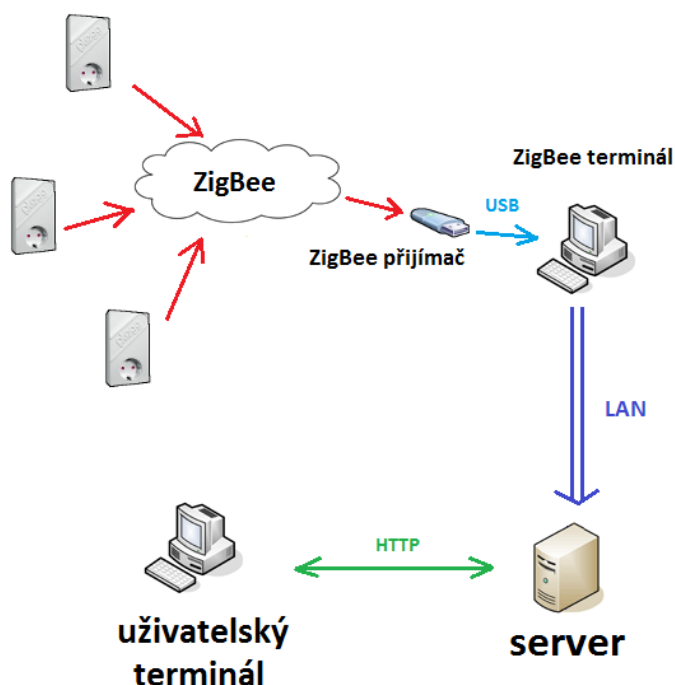
Obr. 1.5: Kompletní sada systému ENcontrol. *Převzato z: [9]*



Obr. 1.6: Ukázka software systému ENcontrol. *Převzato z: [9]*

2 VYVÍJENÝ SYSTÉM MONITOROVÁNÍ SPOTŘEBY

Tato práce je součástí projektu, jehož cílem je vyvinout uživatelsky přívětivý systém pro monitorování spotřeby elektrické energie. Schéma tohoto systému je zobrazeno na Obr. 2.1. Tato práce se věnuje návrhu softwarového řešení na straně serveru a uživatelského terminálu, ostatní části systému - ZigBee síť a příjem dat z této sítě jsou řešeny v jiných studentských projektech. Z tohoto důvodu bylo nutné pro tuto práci funkčnost a činnost této sítě nejprve simulovat, při společném dokončení všech projektů je předpokládáno otestování celého systému jako celku.



Obr. 2.1: Schéma systému se znázorněním simulované oblasti.

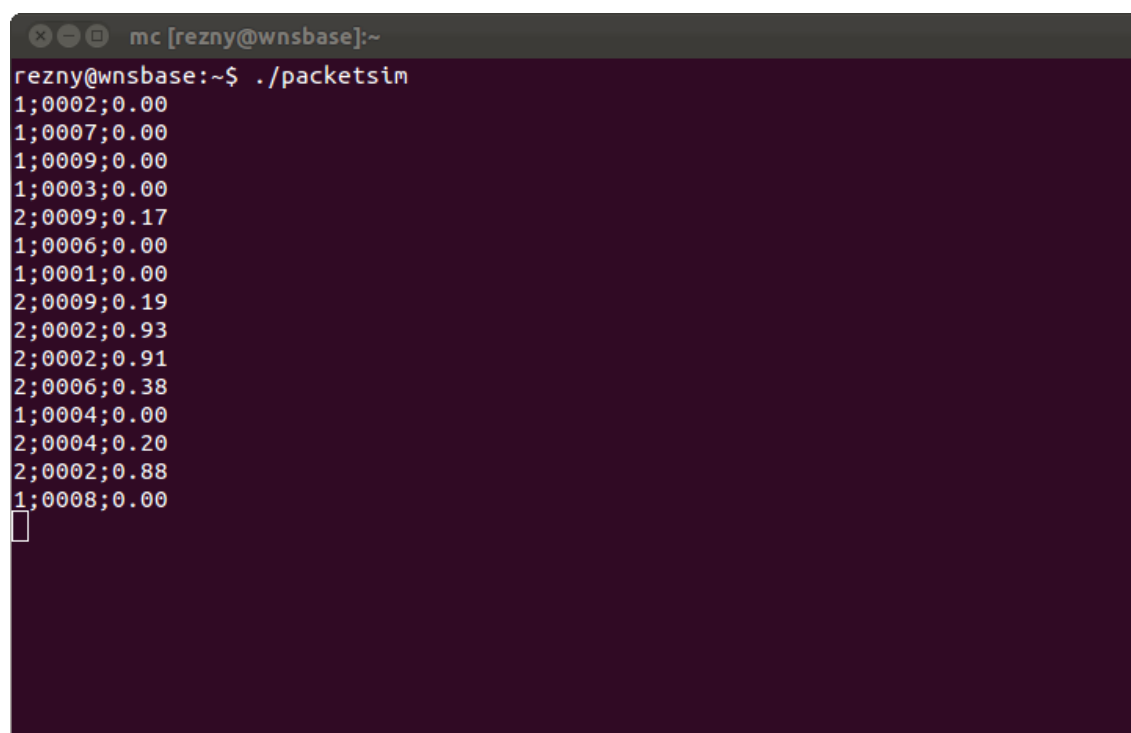
Aplikace navržené v této práci jsou kvůli vysoké stabilitě, spolehlivosti a snadné dostupnosti vyvinuty pro provoz na serveru s operačním systémem Linux. Aplikace simulující bezdrátovou síť a aplikace přijímající UDP pakety (User Datagram Protocol) jsou napsány v jazyce C, databáze je postavena na databázovém systému MySQL a uživatelská sekce je programována v jazyce PHP s možností vzdáleného přístupu odkudkoli.

2.1 Aplikace PacketSim

Tato bakalářská práce měla být otestována v reálném provozu s digitálními wattmetry se ZigBee moduly. Bohužel v době dokončování prací na tomto projektu ještě nebyly tyto wattmetry dostupné, proto bylo třeba pro otestování funkčnosti systému použít simulátoru bezdrátové sítě - aplikace PacketSim.

Aplikace PacketSim je jednoduchý simulátor UDP paketů s imaginárními naměřenými hodnotami napsaný v jazyce C, který běží na serveru a simuluje zapojování, odpojování a přenos dat až 9 nezávislých snímačů, což pro potřeby vyladění této verze aplikace postačuje.

Simulátor generuje náhodná data a podle nich se rozhoduje který typ paketu bude simulovat, ze kterého snímače budou data pocházet a jaká data snímač naměřil.



```
mc [rezny@wnsbase]:~
rezny@wnsbase:~$ ./packetsim
1;0002;0.00
1;0007;0.00
1;0009;0.00
1;0003;0.00
2;0009;0.17
1;0006;0.00
1;0001;0.00
2;0009;0.19
2;0002;0.93
2;0002;0.91
2;0006;0.38
1;0004;0.00
2;0004;0.20
2;0002;0.88
1;0008;0.00

```

Obr. 2.2: Simulátor paketů běžící na OS Linux se zobrazením vygenerovaných dat.

Typy paketů jsou nadefinovány celkem 3. Paket označený jako 1 je označen jako „join“, vysílá ho simulovaný snímač jako první po zapojení do provozu, v tomto paketu odešle akorát svou HW adresu a naměřená hodnota je odeslána jako nulová.

Paket typu 2 označený „data“ obsahuje mimo adresy snímače ještě naměřenou hodnotu. Posledním paketem je typ 3 označený jako „leave“, znamená odpojení snímače. Tento paket snímač vyšle buď při vypínání, nebo při náhlém odpojení od sítě.

Nejprve mají všechny snímače nastaven stav „vypnuto“. První paket vyslaný tímto snímačem je tedy typ „join“ - připojení snímače do sítě, a následující pakety již typu „data“ s naměřenými hodnotami. Naměřené hodnoty se vygenerují náhodně při startu aplikace, a poté při postupném odesílání se náhodně mění v rozsahu -10 až +10. v simulátoru je navíc nastavena šance 1:128 vyslání paketu „leave“, který nastane při vypnutí snímače nebo při odpojení snímače ze sítě. Po tomto odpojení se již nevyšle další paket „data“, ale následuje paket „join“.

Po vygenerování výsledných dat se data zabalí do UDP paketu a pošlou na předem vybraný UDP port na lokálním počítači pro následné zpracování aplikací pro příjem paketů.

S takto přijatými daty aplikace pracuje stejně jako s reálnými, avšak reálně naměřené hodnoty se mohou výrazně lišit od takto nasimulovaných.

Příklad pseudokódu aplikace PacketSim:

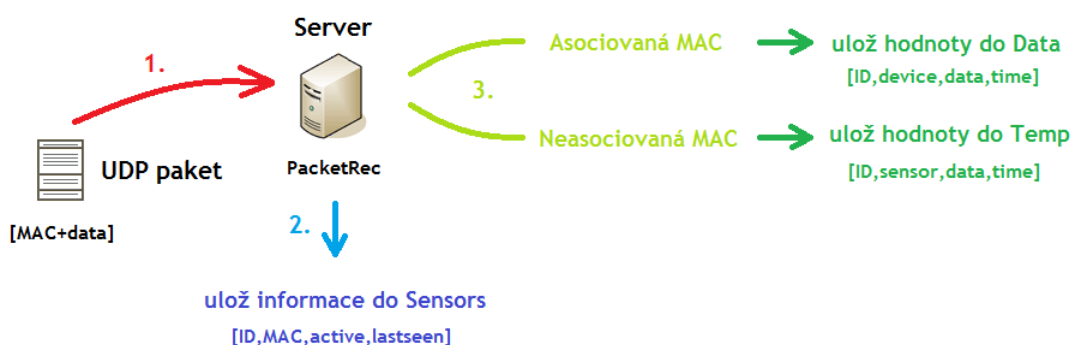
```
idsnimace=random(1,9);
if (snimac_aktivni[idsnimace]==0)
{
    snimac_aktivni[idsnimace]=1;
    typpaketu=join;
    hodnota[idsnimace]=random(0,0.99);
}
else
{
    odpoj_snimac=random(0,128);
    if (odpoj_snimac==64)
    {
        typpaketu=leave;
        snimac_aktivni[idsnimace]=0;
    }
    else
    {
        typpaketu=data;
        hodnota[idsnimace]+=random(-0.05,0.05);
    }
}
paket=typpaketu+';'+idsnimace+';'+hodnota[idsnimace];
zobraz(paket);
odesli(paket);
```

2.2 Aplikace PacketRec

Souběžně se simulátorem je na počítači také spuštěna aplikace PacketRec, která zajišťuje příjem dat ze ZigBee sítě. Příjem dat je realizován obdobně jako simulátor s tím rozdílem, že data neodesílá ale přijímá.

Aplikace v cyklu stále sleduje předem dohodnutý UDP port, na který má zasílat simulátor pakety. Po přijetí paketu aplikace identifikuje jeho typ, případně vyčte naměřené hodnoty a tyto údaje zapíše do MySQL databáze. Spolu s naměřenými daty aplikace zapíše do databáze i přesný čas příjmu paketu.

Co se děje s přijatým a rozeznáním paketem v aplikaci PacketRec je znázorněno na ilustraci 2.3.



Obr. 2.3: Cesta paketu v aplikaci PacketRec

Aplikace přijme na předem dohodnutém UDP portu paket, který analyzuje. Vyčte z něj důležitá data - typ paketu, MAC adresu ZigBee modulu a naměřené hodnoty, se kterými následně pracuje. V následujícím kroku v závislosti a paketu buď uloží MAC adresu a stav wattmetru do databáze, konkrétně do tabulky „sensors“, nebo pokračuje dále k ukládání naměřených dat. Podle toho, jestli je MAC adresa asociovaná v systému s uživatelsky definovaným zařízením, rozhodne aplikace o uložení naměřených hodnot do příslušné tabulky. Popis všech tabulek s daty, které obsahují, je v následující kapitole „Návrh databáze“.

Aplikace PacketSim i PacketRec jsou nyní obě nastaveny na tvar paketu „typ;MAC adresa;data“. Tvar tohoto paketu je možné změnit, v případě použití reálných wattmetrů by odpadla nutnost použití aplikace PacketSim a aplikace PacketRec by se příslušně upravila pro použití s těmito wattmetry.

```

mc [rezny@wnsbase]:~

    Cas: 1338358188
    Prikaz: 2;0002;0.88
typpaketu: 2
idsnimace: 0002
    data: 0.88
SELECT id FROM sensors WHERE mac LIKE '0002';

SELECT id FROM devices WHERE sensor='2';

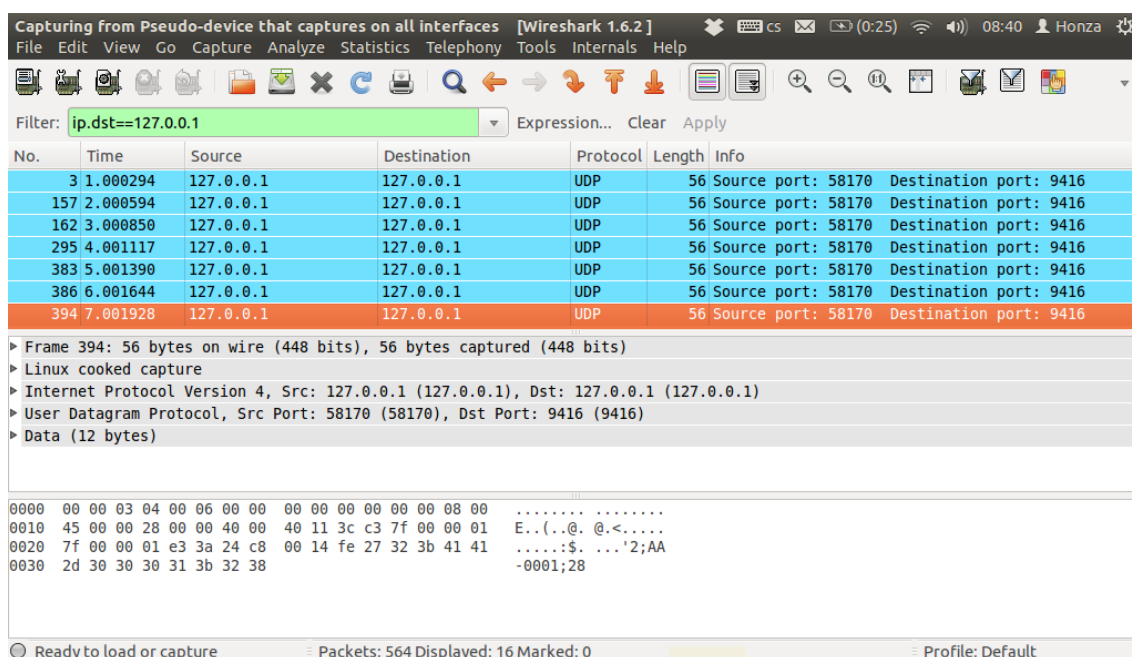
INSERT INTO data (`id`,`device`,`data`,`time`) VALUES (NULL,'2','0.88','1338358188');


    Cas: 1338358189
    Prikaz: 1;0008;0.00
typpaketu: 1
idsnimace: 0008
    data: 0.00
SELECT id FROM sensors WHERE mac LIKE '0008'

UPDATE sensors SET active = '1', lastseen = '1338358189' WHERE id='8'

```

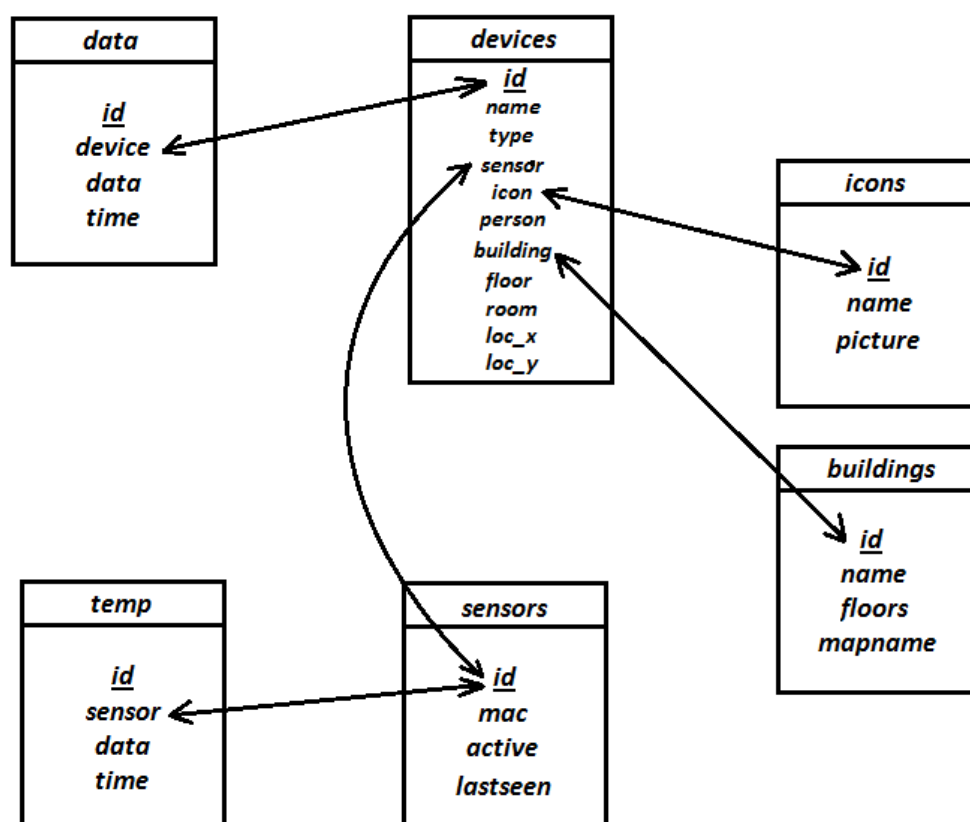
Obr. 2.4: Aplikace přijímající pakety běžící na OS Linux s podrobným výpisem přijatých dat.



Obr. 2.5: Vyslané UDP pakety zachycené pomocí síťového analyzátoru Wireshark.

2.3 Návrh databáze

Jako databázový systém byl vybrán systém MySQL. Jeho předností je kromě výkonu snadná implementace do jazyka C (aplikace přijímající data) i do jazyka PHP (uživatelská sekce). Do budoucna se počítá s velkým objemem naměřených dat, proto je důležitý požadavek na výkonnost celé databáze i s množstvím tisíců uložených položek, což databázový systém MySQL dokáže splnit. Do této databáze se zde kromě údajů spojených s naměřenými hodnotami a jejich popisem ukládají do tabulky také různá nastavení webového rozhraní jako jsou přihlašovací heslo a nastavení rychlosti obnovování údajů na obrazovce. Tato tabulka pojmenovaná v databázi jako „settings“ slouží pouze jako úložiště nastavení a není nijak spojena s žádnou tabulkou obsahující naměřené hodnoty nebo jejich popis, a proto není v ER (Entitně-relačním) modelu uvedena.



Obr. 2.6: ER model databáze

2.3.1 Popis databázové struktury

V databázi se nachází celkem 6 tabulek, které jsou využity pro data a jejich popis a jedna pro ukládání nastavení.

Hlavní tabulkou je tabulka „data“, ve které se nachází naměřené hodnoty. Tyto jsou postupně ukládány a každé hodnotě je přiřazeno jednoznačné identifikační číslo uložené ve sloupci „id“. Ve sloupci „data“ se nachází samotná naměřená hodnota, a ve sloupci „time“ přesný čas v sekundách, kdy byla tato hodnota do databáze uložena. Ve sloupci „device“ je identifikační číslo spotřebiče z tabulky „devices“, ke kterému bude naměřená hodnota přiřazena.

Následující tabulka „devices“ obsahuje uživatelsky definované spotřebiče, které budou v grafech a přehledech figurovat jako měřené zařízení. Každý takový spotřebič je opět jednoznačně identifikován - sloupec „id“, a má vlastnosti jméno (sloupec „name“), stručný popis (např. PC, světlo, vytápění - sloupec „type“), přiřazení ikonky a snímače („icon“ a „sensor“), zodpovědnou osobu („person“) a lokaci spotřebiče na mapě („building“, „room“, „loc_x“ a „loc_y“). V těchto sloupcích jsou opět identifikační čísla z dalších tabulek, ve které jsou uloženy ikonky (v základní verzi aplikace jsou pevně dané názvy i obrázky uložené ve sloupcích „name“ a „picture“), budovy a senzory.

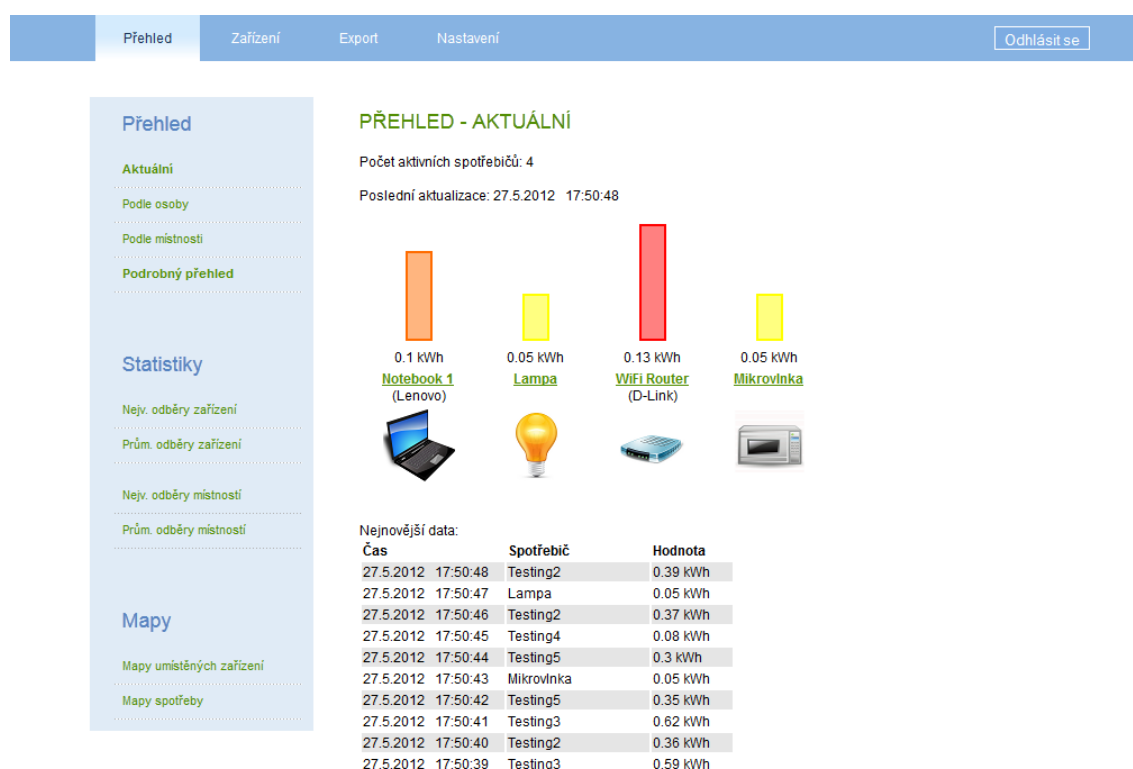
Tabulka „sensors“ s uloženými informacemi o snímačích je upravována automaticky aplikací pro příjem paketů. Ukládá zde všechny nově zjištěné snímače - zaznamenává jejich MAC adresy do sloupce „mac“, dokud snímač vysílá tak aplikace udržuje v „active“ uložen stav snímače jako aktivní a do sloupce „lastseen“ pokaždé ukládá čas, kdy byly přijaty poslední data. Pokud některý snímač pošle paket typu leave - odpojení od sítě, zaznamená se zde jako neaktivní a jako poslední čas bude uložen čas odpojení snímače.

Dříve zmiňovaná tabulka budov má název „buildings“, a nachází se v ní seznam budov do kterých můžeme spotřebiče umístit. Každá tato budova má definované jméno (sloupec „name“), počet pater („floors“) a název mapy („mapname“).

Poslední tabulkou je tabulka „temp“, do které se dočasně ukládají přijatá data od neasociovaných snímačů. Tato tabulka má stejnou strukturu jako tabulka „data“, kromě sloupce „device“ který je vyměněn za „sensor“, kam se ukládá ID snímače. Data z této tabulky jsou při dodatečné asociaci přesunuta do tabulky „data“ a je jim přiřazeno ID asociovaného zařízení.

2.4 Vizualizace - uživatelská aplikace

Naměřená data se z databáze zobrazují v uživatelské aplikaci, ke které se uživatel dostane přes webový prohlížeč. Pokud server, který data ze ZigBee sítě přijímá, je připojen k síti internet, bude možné se k tomuto serveru a datům přihlásit přes internet odkudkoli (prakticky této vlastnosti bylo využito většinu času vývoje, kdy je aplikace spolu se simulátory uložena na školním serveru a práce na projektu probíhaly z domova). Odpadá zde nutnost koncového uživatele ovládat specializovaný software a není potřeba používat např. specifický operační systém. Webové rozhraní je snadno zobrazitelné a ovladatelné v různých operačních systémech, v různých webových prohlížečích a je k němu možné přistupovat např. i z mobilních zařízení.

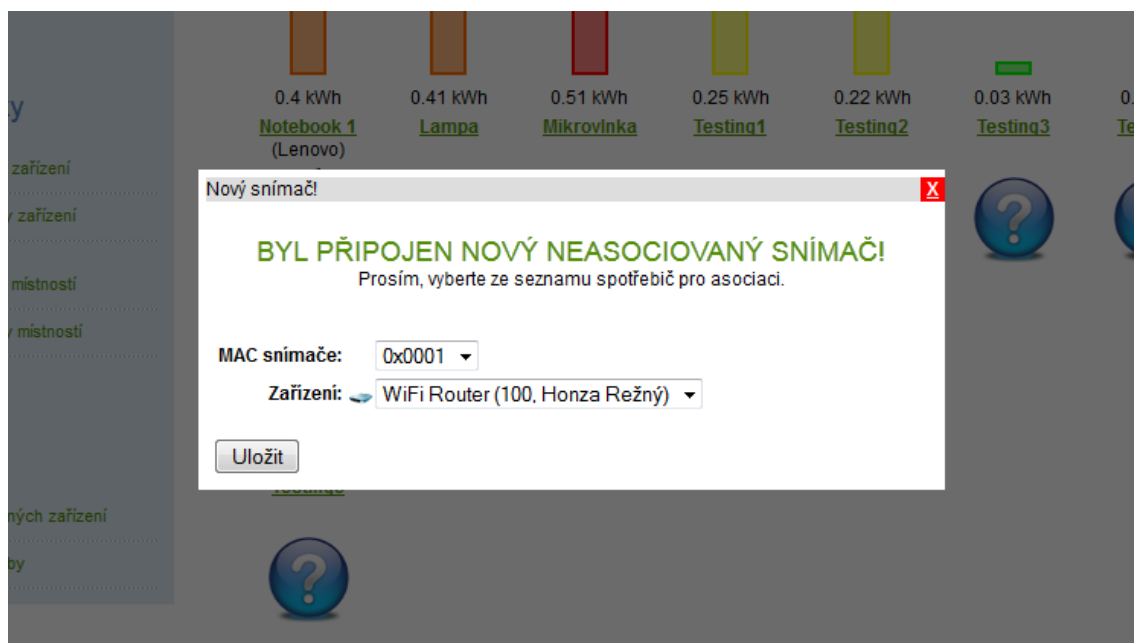


Obr. 2.7: Administrační rozhraní zobrazené po přihlášení uživatele.

3 UŽIVATELSKÁ APLIKACE

Uživatelská aplikace je pro jednoduchost použití naprogramována v jazyce PHP s XHTML (eXtensible HyperText Markup Language) výstupem a prostředí je do datečně podpořeno JavaScriptem. Díky užití technologie AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) je možné např. dynamicky měnit obsah webové stránky, využívat interakce uživatele s webovou stránkou a zobrazovat nová data okamžitě, bez nutnosti obnovování stránky uživatelem, což vede k mnohem většímu komfortu při používání systému.

AJAX není přímo název konkrétní technologie, ale je to pojmenování pro spojení technologií vývoje webových aplikací za účelem dosažení změn obsahu webových stránek bez nutnosti jejich znovunačítání. V tomto projektu je použito spojení technologií XHTML, CSS (Cascading Style Sheets), DOM (Document Object Model) a JavaScript. Prakticky zde byla využívána většinou volná knihovna jQuery, která zjednodušuje práci s objekty na webové stránce.



Obr. 3.1: Příklad užití technologie AJAX - vyskakovací okno

Aplikace řešená v rámci bakalářské práce obsahuje potřebné podprogramy pro generování grafů, přehledů a tabulek, které se dále mohou jednoduše použít pro tvorbu složitějších výpisů a grafů podle budoucích potřeb, možnost exportu naměřených dat do formátu CSV, zobrazování map spotřebičů a jejich naměřených

spotřeb, a prostředí pro vytváření uživatelských zařízení a jejich asociace se snímači (konkrétními wattmetry).

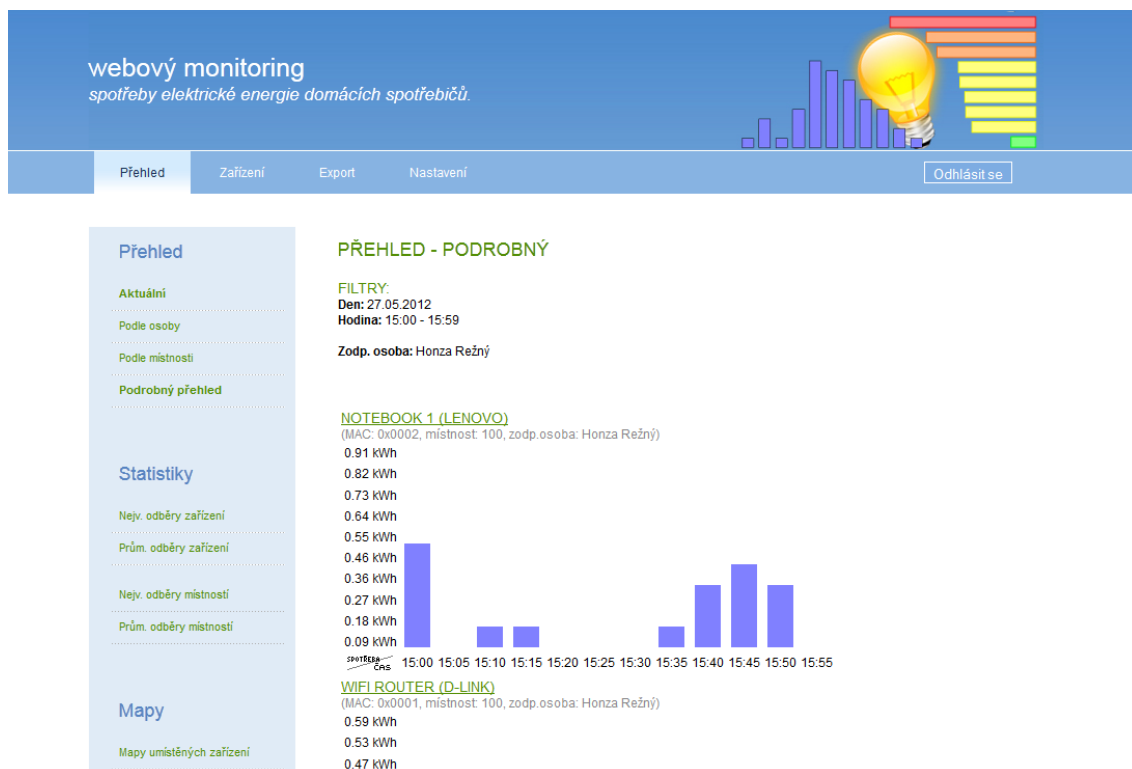
Do uživatelské aplikace se uživatel dostane přes webový prohlížeč zadáním IP adresy serveru, případně zadáním názvu serveru (aktuálně je aplikace v provozu na <http://wsnbase.utko.feec.vutbr.cz/rezny>). V prohlížeči se zobrazí úvodní stránka a uživatel bude dotázán na přístupové heslo. Heslo je použito kvůli jednoduchému zabezpečení naměřených dat před neoprávněnými osobami a standardně je nastaveno na „123456“. V aplikaci je možné toto heslo změnit, nebo zapnout přístup pro veřejnost pod účtem „guest“, který má pravomoce pouze pro zobrazování naměřených dat.

3.1 Administrační rozhraní

Po přihlášení do uživatelské aplikace pomocí hesla správce se uživatel dostane do tzv. administračního rozhraní. V něm je možné spravovat připojené snímače (asociace snímačů s uživatelem definovanými spotřebiči), zobrazovat si statistiky, přehledy (časové, podle osob, místností), mapy, exportovat naměřená data nebo měnit nastavení aplikace.

3.1.1 Přehledy

Položka „Přehled“ v hlavním menu administračního rozhraní obsahuje podmenu s volbami zobrazení přehledů, statistik a map. Volba Aktuální přehled zobrazí obrazovku zobrazenou po přihlášení uživatele (Obr. 2.7), na které jsou uvedeny všechny spotřebiče s aktivními vysílacími snímači a jejich aktuální odběry, s možností kliknutí k detailním informacím o daném spotřebiči. Pod těmito spotřebiči se nachází tabulka, ve které jsou postupně zobrazena nejnovější data, která byla zapsána do databáze.



Obr. 3.2: Příklad obrazovky podrobného přehledu

Další dvě položky - přehledy „podle osoby“ a „podle místnosti“ obsahují jednoduché filtry pro zobrazení všech spotřebičů, jejichž naměřené hodnoty jsou v databázi, s uvedenou pověřenou osobou nebo místností, kde se spotřebiče nachází. Tento přehled je pouze informativní se zobrazením poslední naměřené spotřeby, k samotným detailům je možné se dostat buď proklikem přes detail zařízení nebo filtrováním dat v podrobném přehledu.

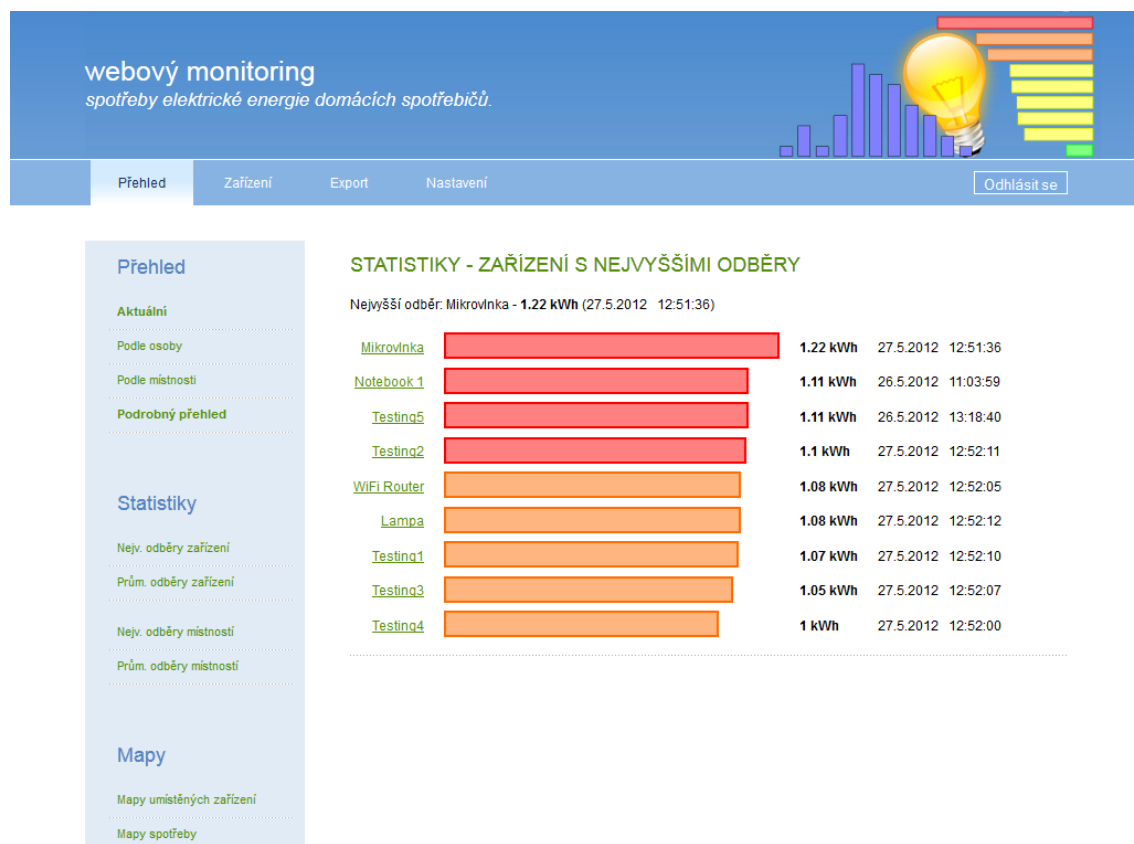
Poslední položka - „podrobný přehled“ je pokročilejším filtrem zobrazení dat, uživatel si zde může navolit přehledy hodinové, denní nebo měsíční s možností filtrování pověřených osob nebo místností.

Všechny grafy v přehledech jsou interaktivní, s možností prokliku k detailnějším hodnotám (z měsíčního přehledu na denní, z denního na hodinový)

3.1.2 Statistiky

Aplikace dokáže kromě přehledů vygenerovat i různé statistiky, v této verzi aplikace jsou to nejvyšší spotřeby jednotlivých spotřebičů (Obr. 3.3), průměrná spotřeba jednotlivých spotřebičů, místnosti s nejvyšší spotřebou a průměrné spotřeby jednotlivých místností.

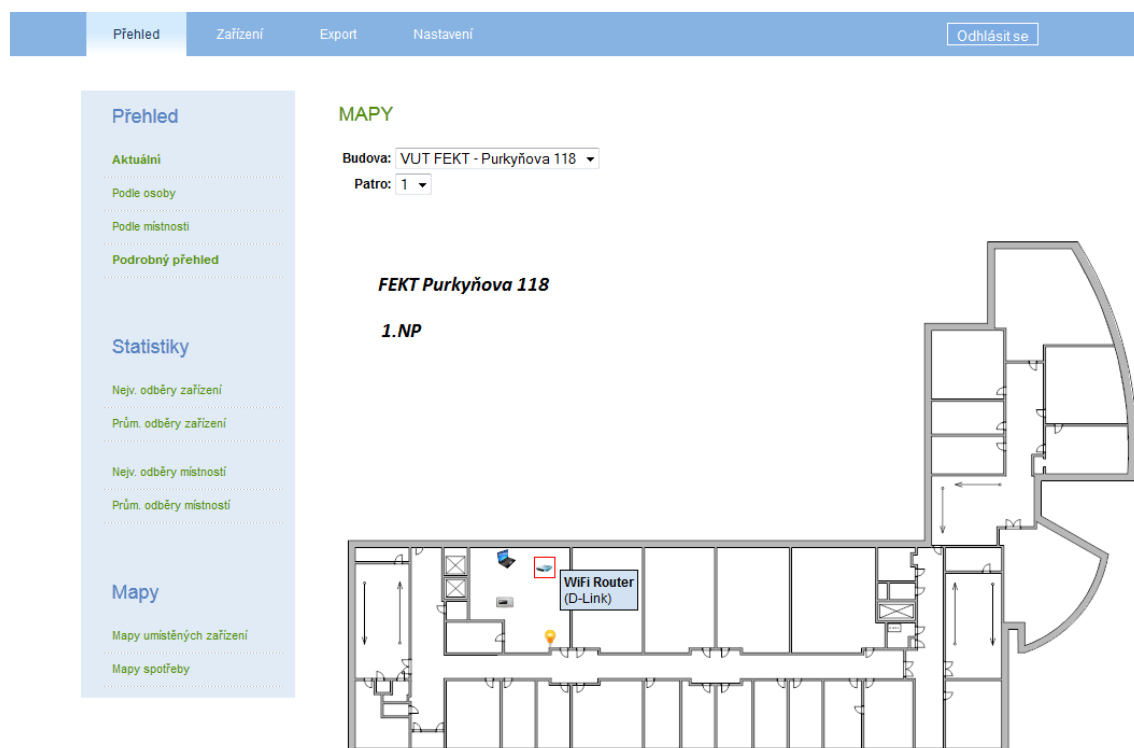
Aplikace je připravena pro doplnění různých dalších statistik, které by se v případě reálného nasazení aplikace ukázaly jako užitečné.



Obr. 3.3: Příklad obrazovky se zobrazením statistiky - zařízení s nejvyššími odběry

3.1.3 Mapy

Jak již bylo uvedeno dříve, aplikace umožňuje definovat umístění jednotlivých spotřebičů v budově, která má pro svá jednotlivá patra připraveny mapové podklady. Tyto spotřebiče lze poté na této stránce na mapách zobrazit (Obr. 3.4). Mapy jsou interaktivní, najetím myši na ikonky jednotlivých zařízení se zobrazí jejich podrobnější popis a kliknutím se lze dostat na stránku s detaily o konkrétním zařízení a s přehledy o jeho spotřebě.



Obr. 3.4: Příklad zobrazení mapy patra budovy se zařízeními

Kromě zobrazení umístění uživatelských spotřebičů na mapě je možné zobrazit i mapu s oblastmi barevnými podle aktuální spotřeby daného zařízení, toto zobrazení je v nabídce pod položkou „Mapy spotřeby“.

Mapy v této aplikaci jsou generovány pomocí HTML tagů „img“ a „div“ s užitím pozicování na webové stránce, proto mohou v ojedinělých případech nastat problémy s přesností zobrazení. Toto je závislé na použitém webovém prohlížeči, přiblížení stránky, rozlišení obrazovky a operačním systému.

3.1.4 Asociace

Pod položkou „Zařízení“ v hlavní nabídce se rovnou dostaneme do seznamu asociací spotřebičů se snímači. V seznamu jsou kromě detailů spotřebičů zobrazeny i MAC adresy aktuálně přidělených snímačů a tlačítka pro zobrazení spotřebičů na mapě a odstranění asociace.

Podstata propojení uživatelsky definovaného spotřebiče a skutečného snímače je ten, že se stejný snímač může při dlouhodobém odstavení některého skutečného spotřebiče použít pro zařízení jiné a tak data z tohoto zařízení zůstanou v databázi zachována a v budoucnu je možné toto skutečné zařízení sledovat pomocí jiného snímače.

V případě příjmu dat z wattmetru, který nemá takto vytvořenou asociaci, se zobrazí vyskakovací okno s upozorněním a možností okamžité asociace s uživatelským spotřebičem (Obr. 3.1). V případě, že nemá uživatel připraven vytvořený spotřebič pro tuto asociaci, je možné hlášení ignorovat a vytvořit tuto asociaci později.

webový monitoring
spotřeby elektrické energie domácích spotřebičů.

Přehled Zařízení Export Nastavení Odhlásit se

Asociace

Seznam asociací
Vytvořit novou asociaci

Spotřebiče

Všechny spotřebiče
Neasociované spotřebiče
Vytvořit nový spotřebič

Snímače

Všechny známé snímače
Aktivní snímače

SEZNAM ASOCIOVANÝCH SPOTŘEBIČŮ

Jméno	MAC snímače	Popis	Zodp.osoba	Místnost	Poslední aktualizace		
Notebook 1	0x0002	Lenovo	Honza Režný	100	27.5.2012 17:32:02		
Lampa	0x0007		Nikdo	100	27.5.2012 16:45:26		
WiFi Router	0x0001	D-Link	Honza Režný	100	27.5.2012 16:12:33		
Mikrovlnka	0x0003		Honza	100	27.5.2012 17:40:34		

2011 JAN REŽNÝ, XREZNY00@STUD.FEEC.VUTBR.CZ

Obr. 3.5: Příklad obrazovky se seznamem asociovaných spotřebičů.

3.1.5 Spotřebiče

Položka „Všechny spotřebiče“ zobrazí všechny uživatelsky vytvořené spotřebiče - jejich název, popis, zodpovědnou osobu a umístění (místnost, mapa), s možností editace nebo mazání. Další položka „Neasociované spotřebiče“ obsahuje výpis neasociovaných spotřebičů a poslední položka „Vytvořit nový prohlížeč“ otevře okno s parametry nového spotřebiče. Uživatel zde může zadat název spotřebiče, jeho ikonku a typ, stručný popis a zodpovědnou osobu, dále jeho umístění v budově, patře a místnosti. Poslední položkou je mapa, kde se kliknutím do mapy spotřebič umístí a je následně v mapách zobrazován.

Tyto parametry jednotlivých spotřebičů nejsou povinné, avšak je dobré je pro přehlednost uvést. Pokud by se při praktickém využití některé z parametrů ukázaly jako zbytečné a některé by chyběly, dá se aplikace modifikovat a tyto parametry uživatelských spotřebičů upravit pro zvýšení užitečnosti aplikace.

The screenshot shows the 'VYTVOŘIT NOVÝ SPOTŘEBIČ' (Create New Device) form. The form includes the following fields and sections:

- Navigation Bar:** Přehled, Zařízení, Export, Nastavení, and a button 'Odhlásit se'.
- Left Sidebar:** A menu with 'Asociace', 'Spotřebiče', and 'Snímače'. Under 'Spotřebiče', there are links for 'Všechny spotřebiče', 'Neasociované spotřebiče', and 'Vytvořit nový spotřebič'.
- Main Form:**
 - VYTVOŘIT NOVÝ SPOTŘEBIČ** (Title)
 - Název:** Text input field.
 - Typ zařízení:** Dropdown menu with 'Konvice' selected.
 - Popis:** Text input field.
 - Zodp.osoba:** Text input field.
 - UMÍSTĚNÍ** (Section Header)
 - Budova:** Dropdown menu with 'VUT FEKT - Purkyňova 118' selected.
 - Patro:** Dropdown menu with '1' selected.
 - Číslo místnosti:** Text input field.
 - MAPA** (Section Header)
 - FEKT Purkyňova 118** (Building Name)
 - 1.NP** (Floor)
 - A floor plan diagram of the building with a red dot indicating the location of the new device.

Obr. 3.6: Vkládání nového uživatelsky definovaného spotřebiče.

3.1.6 Snímače

Zde je možné zobrazit seznam všech snímačů (dig.wattmetrů), které kdy odeslali aplikaci data, jejich aktuální stav (aktivní, neaktivní) a datum jejich posledního odpojení / připojení. Je také možné zobrazit pouze aktivní snímače.

V případě příjmu dat z neasociovaného snímače je zde aktivní položka „neasociované snímače“, kde jsou zobrazené data uložená v tabulce „temp“, MAC adresa snímačů, počet přijatých paketů a odkaz pro rychlou asociaci s uživatelským spotřebičem.

Tato sekce se snímači je pouze informativní, uživateli nedovoluje (kromě asociace nového snímače) žádné změny ani modifikace těchto dat.

MAC snímače	Aktivní	Poslední ohlášení snímače
0x0001	✓	27.5.2012 16:12:33
0x0002	✓	27.5.2012 17:32:02
0x0003	✓	27.5.2012 17:40:34
0x0004	✓	27.5.2012 17:36:55
0x0005	✓	27.5.2012 17:34:21
0x0006	✓	27.5.2012 17:40:30
0x0007	✓	27.5.2012 16:45:26
0x0008	✓	27.5.2012 17:26:14
0x0009	✓	27.5.2012 17:46:23
0x0010	✗	15.10.2011 22:36:00
0x0023	✗	18.10.2011 09:12:40
0x1122	✗	26.7.2011 22:09:20

Obr. 3.7: Seznam všech známých snímačů (digitálních wattmetrů).

3.1.7 Export dat

Aplikace umožňuje základní export seznamu spotřebičů, seznamu snímačů a exportovaných dat do souborů formátu CSV. Při exportu dat je možné vybrat požadované zařízení, filtrovat podle data měření nebo podle naměřené hodnoty. Soubory formátu CSV je možné využít k archivaci, nebo použít v tabulkových procesorech (typu MS Excel nebo LibreOffice Calc) a vytvářet si tak vlastní grafy nebo statistiky.

Aplikace se dá jednoduše modifikovat tak, aby dokázala exportovat ta data, která se ukážou při reálném provozu pro export užitečná, např. pro interní archivaci nebo rozsáhlejší audit spotřeby elektrické energie.

The screenshot shows the 'Export Dat' interface. At the top, there's a navigation bar with tabs: 'Přehled', 'Zařízení', 'Export' (active), and 'Nastavení'. A 'Odhlášení' button is on the right. On the left, a sidebar lists: 'Export Dat' (active), 'Seznam spotřebičů', 'Seznam snímačů', and 'Naměřená data'. The main area is titled 'EXPORT DAT' and 'NAMĚŘENÁ DATA'. It features a 'Zařízení' dropdown menu set to 'Notebook 1 (100, Honza Režný)'. Below this are three checked checkboxes: 'ID záznamu', 'Naměřená data', and 'Čas měření'. There's a 'Datum měření' section with 'Od: 26.5.2012' and 'Do: 27.5.2012'. A 'Naměřená data' section has 'Min.: kWh' and 'Max.: kWh' inputs. The 'Řazení' section has radio buttons for 'Podle data', 'Podle naměřené hodnoty', 'Vzestupné', and 'Sestupné'. An 'Exportovat' button is at the bottom. The footer bar at the very bottom contains the text '2011 JAN REŽNÝ, XREZNY00@STUD.FEEC.VUTBR.CZ'.

Obr. 3.8: Příklad obrazovky s nastavením exportu dat.

V současné verzi aplikace je z důvodů větší přehlednosti nastaven export dat dělených středníkem (;'), s čímž mohou mít některé starší tabulkové procesory problém (typicky MS Excel 97), jelikož očekávají jako dělicí znak čárku (,'). Nepředpokládá se pro zobrazování dat využití těchto starých programů, avšak případná modifikace tohoto dělicího znaku je snadná.

Výpis naměřených dat			
Exportováno: 30.5.2012 17:41:16			
Zařízení: Notebook 1 (Lenovo)			
Místnost 100			
Zodpovědná osoba: Honza Režný			
Od: 26.05.2012			
Do: 27.05.2012			
ID	Data	Čas měření	
10576	0.35	26.5.2012 11:03:19	
10577	0.34	26.5.2012 11:03:24	
10585	0.38	26.5.2012 11:03:43	
10588	0.36	26.5.2012 11:03:49	
10589	0.37	26.5.2012 11:03:53	
10592	0.38	26.5.2012 11:03:59	
10599	0.34	26.5.2012 11:04:27	
10600	0.38	26.5.2012 11:04:28	
10602	0.35	26.5.2012 11:04:34	
10608	0.36	26.5.2012 11:04:56	
10613	0.33	26.5.2012 11:05:09	

Obr. 3.9: Zobrazení exportovaných dat ve formátu CSV v tabulkovém procesoru LibreOffice Calc

3.1.8 Nastavení

Poslední položkou v nabídce je „Nastavení“, kde může uživatel měnit nastavení parametrů aplikace.

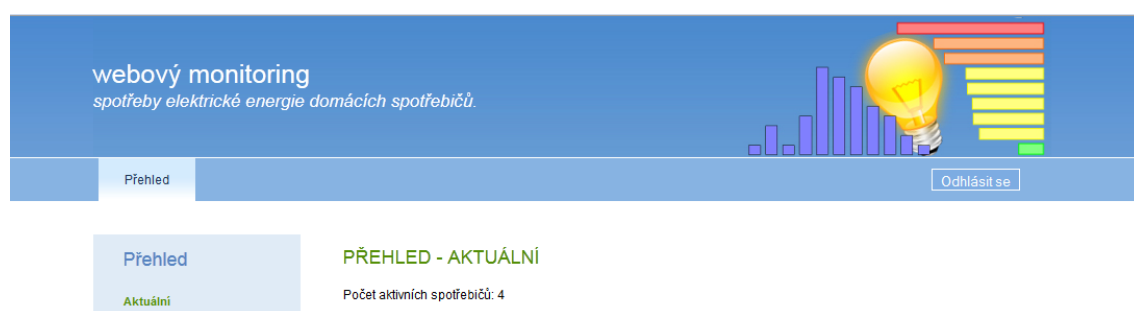
V nastavení přihlašování je možné změnit přihlašovací heslo do administračního rozhraní nebo povolit přihlášení pod účtem hosta (guest) do veřejného rozhraní s omezenými funkcemi.

Nastavení rychlosti aktualizace dat se určí, jak často se v aplikaci aktualizují části stránky se zobrazenými přehledy, statistikami nebo grafy. Tato aktualizace je realizována pomocí technologie AJAX, není tedy nutné aktualizovat celou webovou stránku, ale pouze tu část, kde je předpokládána změna dat.

Posledním nastavením je cena energie, kde uživatel zvolí účtovanou sazbu ceny energie za kWh a měnu, která se bude v aplikaci zobrazovat při výpočtu nákladů. Tímto nastavením měny a sazby se dá jednoduše a rychle přizpůsobit aplikace např. pro použití na slovensku s měnou Euro.

3.2 Veřejné rozhraní

Jako veřejné rozhraní je myšlena ta část aplikace, která je přístupná pod jiným přihlašovacím heslem (standardně nastaveno „guest“). Jsou zde zachovány funkce přehledu, statistik a map, ostatní části aplikace jsou skryty a nepřístupné, v tomto rozhraní není možné exportovat naměřená data, ani spravovat elektrické spotřebiče, připojené wattmetry a jejich asociace. Toto rozhraní je vhodné např. pro informativní zobrazení spotřeby elektrické energie pro návštěvníky školy kde by byl tento systém provozován.



Obr. 3.10: Ukázka hlavní nabídky veřejného rozhraní

4 ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byly realizovány aplikace pro příjem, zpracování, uložení a zobrazování naměřených dat získaných ze sítě digitálních wattmetrů. Tato sestava aplikací dokáže simulovat vysílání paketů bezdrátové sítě digitálních wattmetrů, přijímat tyto pakety, analyzovat a ukládat do databáze, ze které poté v grafickém rozhraní vytváří přehledy, statistiky, grafy a mapy spotřeb elektrických zařízení. V době dokončování prací na této aplikaci nebyly k dispozici wattmetry pro použití s reálnými spotřebiči, proto bylo nutné pracovat se simulátorem naměřených hodnot. Simulovaná data postačují k vyladění základních funkcí - výpisů, přehledů a statistik, bohužel ovšem není možno s těmito daty doplnit případné chybějící funkce aplikace vyplývající z potřeb reálného provozu. Při případném pokračování práce na této webové aplikaci s jejím souběžným využíváním s reálnými spotřebiči by bylo možné tuto aplikaci doladit a přidat další funkce a výpisy, které by časem byly zapotřebí k plnohodnotnému využití aplikace jak v domácnosti tak i v komerční sféře.

LITERATURA

- [1] SHANIN, F. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*
Oxford: Elsevier, 2008. ISBN 978-0-07506-8393-7.
- [2] ÖGGL, B., KOFLER, M. *PHP 5 a MySQL 5, průvodce webového programátora*
Brno: Computer Press, 2007. 608 s.
- [3] Oracle Corporation *MySQL C API Reference Manual* [online].
Dostupné z URL: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/c.html>.
- [4] The jQuery Project *jQuery Javascript Library Documentation* [online].
Dostupné z URL: http://docs.jquery.com/Main_Page.
- [5] *Maplin Electronics - Power and Energy Monitors* [online].
Dostupné z URL: <http://www.maplin.co.uk/batteries-and-power>.
- [6] *Plogg - Wireless Energy Management* [online].
Dostupné z URL: <http://www.plogginternational.com/>.
- [7] *Energie Visible Project* [online].
Dostupné z URL: <http://www.webofthings.org/energievisible/>.
- [8] *Google Power Meter Project* [online].
Dostupné z URL: <http://www.google.com/powermeter/about/>.
- [9] *Systém ENcontrol* [online].
Dostupné z URL: <http://www.encontrol.eu/>.
- [10] *Porovnání cen elektřiny a plynu* [online].
Dostupné z URL: <http://www.cenyenergie.cz/>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Různé druhy komerčních měřičů spotřeby elektrické energie. <i>Převzato z: [5]</i>	12
1.2	Ukázka systému Energie Visible. <i>Převzato z: [7]</i>	13
1.3	Bluetooth měřiče Plogg používané v projektu Energie Visible. <i>Převzato z: [6]</i>	14
1.4	Ukázka systému Google Power Meter. <i>Převzato z: [8]</i>	15
1.5	Kompletní sada systému ENcontrol. <i>Převzato z: [9]</i>	16
1.6	Ukázka software systému ENcontrol. <i>Převzato z: [9]</i>	16
2.1	Schéma systému se znázorněním simulované oblasti.	17
2.2	Simulátor paketů běžící na OS Linux se zobrazením vygenerovaných dat.	18
2.3	Cesta paketu v aplikaci PacketRec	20
2.4	Aplikace přijímající pakety běžící na OS Linux s podrobným výpisem přijatých dat.	21
2.5	Vyslané UDP pakety zachycené pomocí síťového analyzátoru Wireshark.	21
2.6	ER model databáze	22
2.7	Administrační rozhraní zobrazené po přihlášení uživatele.	24
3.1	Příklad užití technologie AJAX - vyskakovací okno	25
3.2	Příklad obrazovky podrobného přehledu	27
3.3	Příklad obrazovky se zobrazením statistiky - zařízení s nejvyššími odběry	28
3.4	Příklad zobrazení mapy patra budovy se zařízeními	29
3.5	Příklad obrazovky se seznamem asociovaných spotřebičů.	30
3.6	Vkládání nového uživatelsky definovaného spotřebiče.	31
3.7	Seznam všech známých snímačů (digitálních wattmetrů).	32
3.8	Příklad obrazovky s nastavením exportu dat.	33
3.9	Zobrazení exportovaných dat ve formátu CSV v tabulkovém procesoru LibreOffice Calc	34

3.10 Ukázka hlavní nabídky veřejného rozhraní	35
---	----